

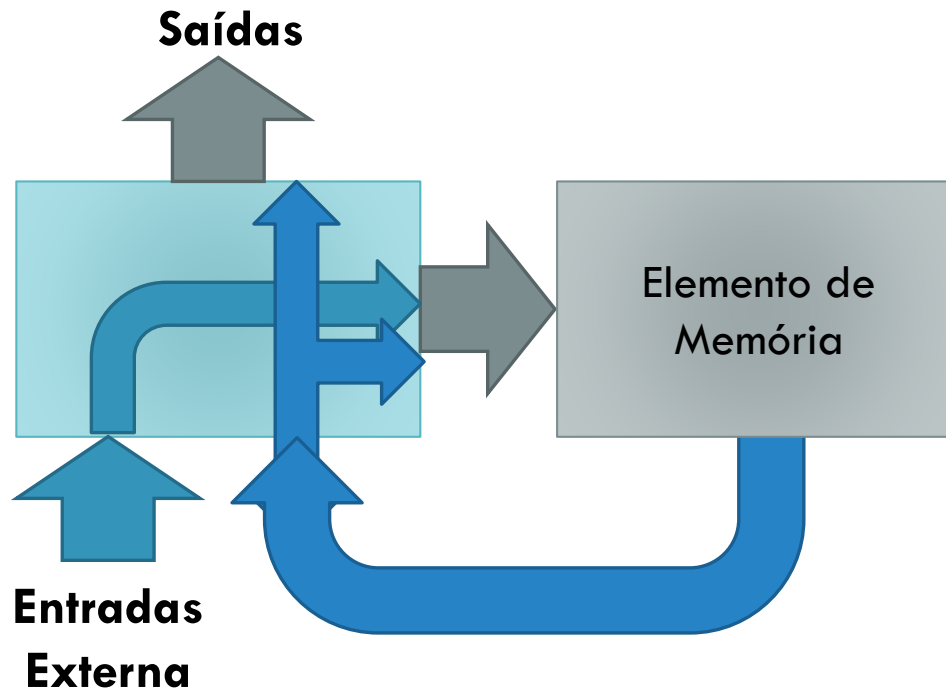
CIRCUITOS LÓGICOS MÁQUINA DE ESTADOS

Marco A. Zanata Alves

MÁQUINA DE MOORE

As entradas não interferem diretamente na saída, somente nos estados futuros;

As saídas dependem apenas do estado atual



MÁQUINA DE MEALY

As entradas interferem nos estados futuros e também na saída;

As saídas dependem da entrada e do Estado Presente

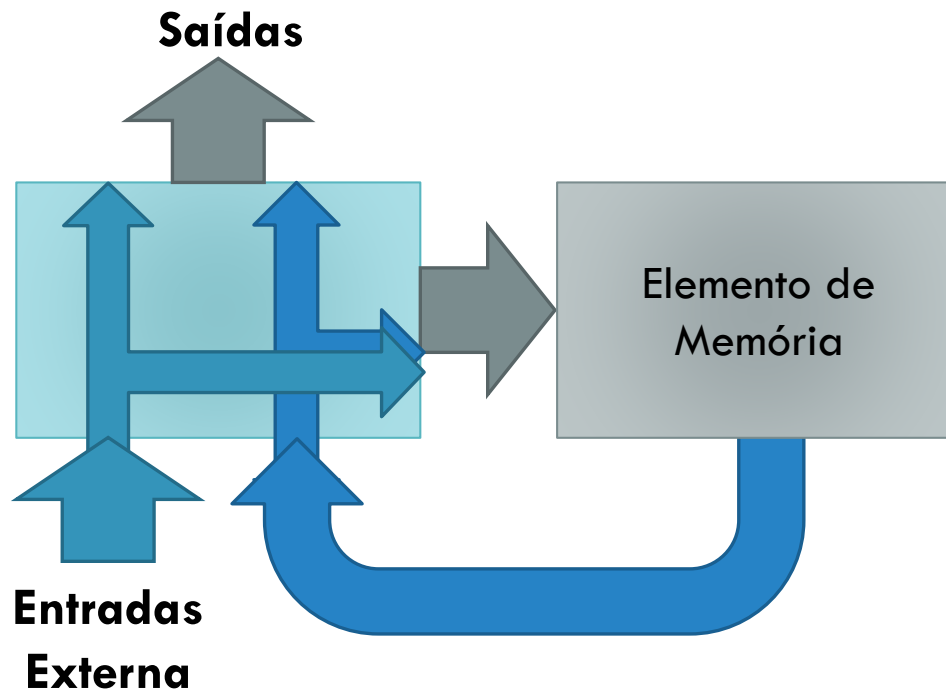


DIAGRAMA DE ESTADOS - MOORE

A saída depende exclusivamente do estado (Máquina de Moore);

A entrada só interfere no próximo estado.

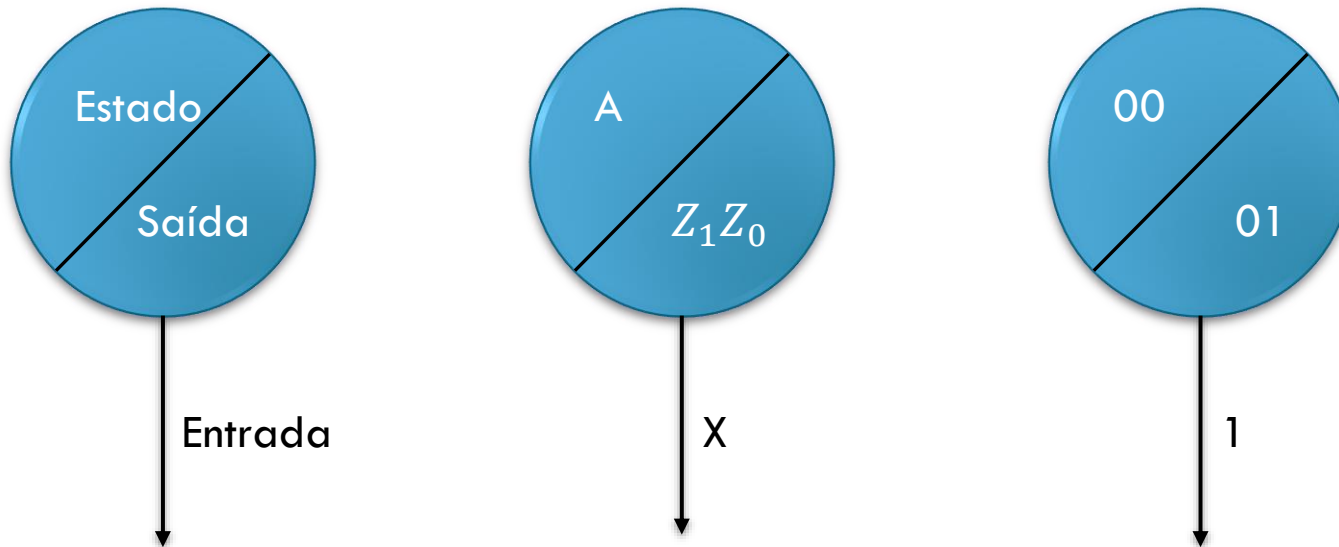
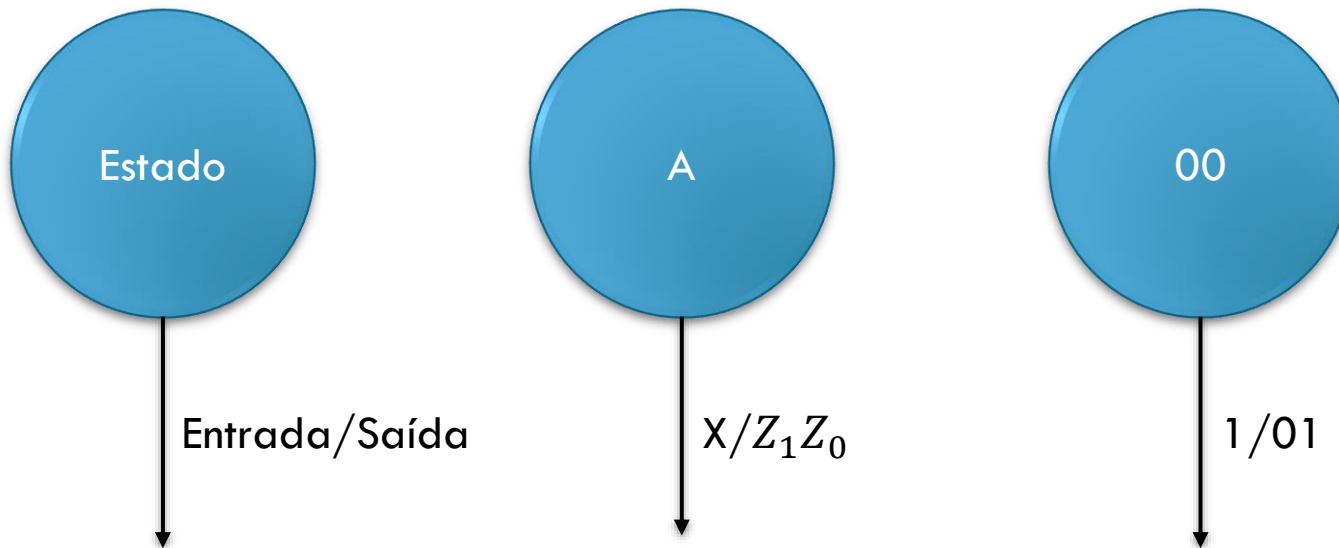
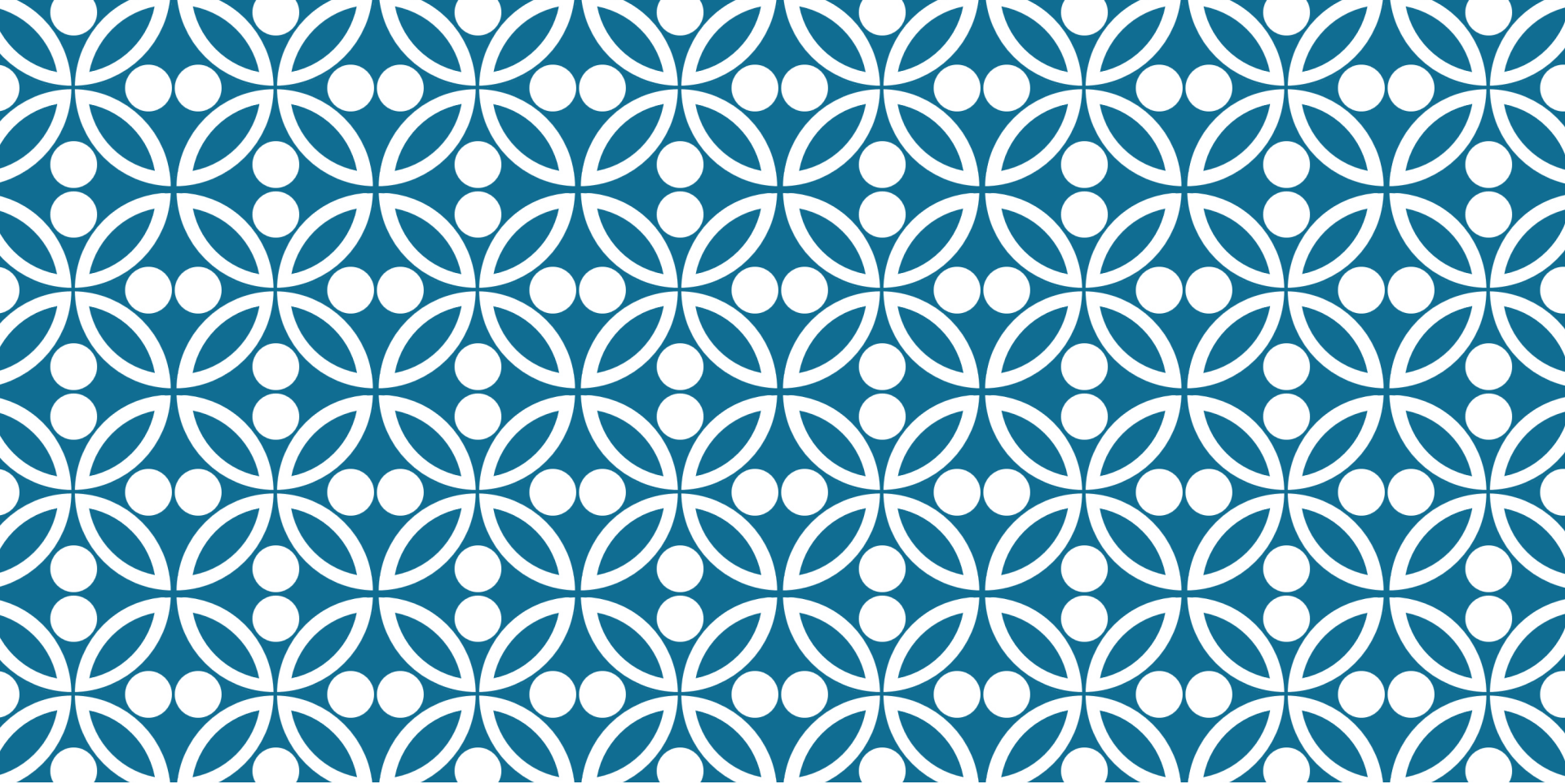


DIAGRAMA DE ESTADOS - MEALY

A saída depende do estado presente e da entrada (Máquina de Mealy);

A entrada interfere no próximo estado e na saída.





CODIFICAÇÃO DE ESTADOS

CODIFICAÇÃO BINÁRIA / GRAY CODING

Na codificação binária cada estado é representado como um número binário.

Dessa maneira, k estados podem ser representado com $\log_2 K$ bits.

Tentamos numerar os estados em ordem crescente binária.

Podemos também utilizar a codificação gray, onde apenas um bit muda por transição.

A codificação gray no fundo pode se resumir em uma forma diferente de organizar a codificação binária.

CODIFICAÇÃO ONE-HOT

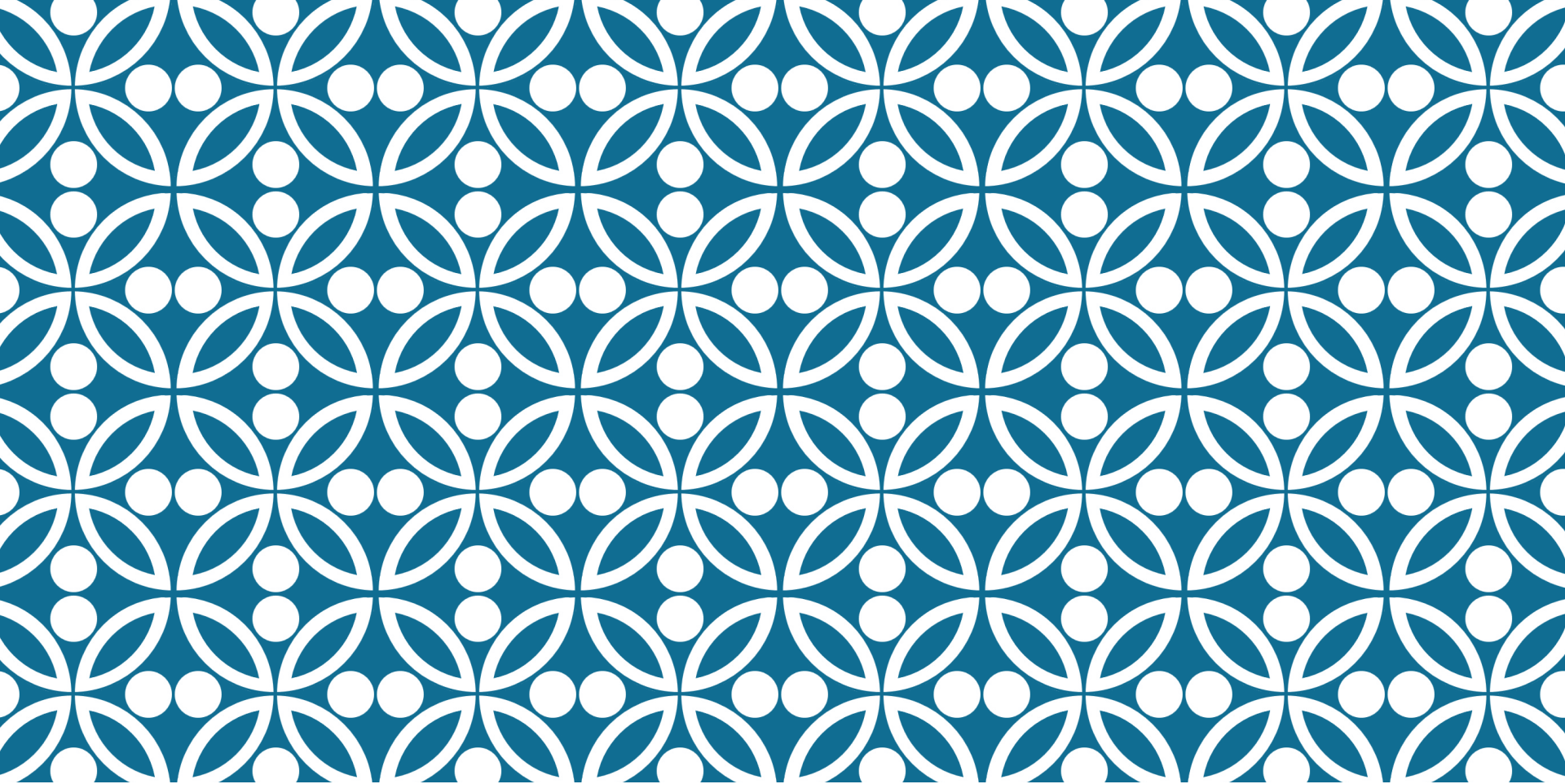
Recebe esse nome pois apenas um bit estará TRUE (“hot”) em cada instante.

Por exemplo, a codificação one-hot para três estados seria:

001, 010, 100.

Essa codificação requer mais flip-flops para armazenar os estados.

Entretanto, com a codificação one-hot, a lógica para definir o próximo estado costuma ser mais simples, com menos portas lógicas.



SÍNTESE DE CIRCUITOS CONTADOR UP/DOWN

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

PROJETO: CONTADOR UP/DOWN

Descrição:

- Contador binário síncrono UP/DOWN
- Módulo 4
- Entradas: 1 {UP=0, DOWN=1}
- Saídas: 2
- Sequência deve ser a binária
- Número de estados: 4
- FF: Tipo D
- FSM: Moore

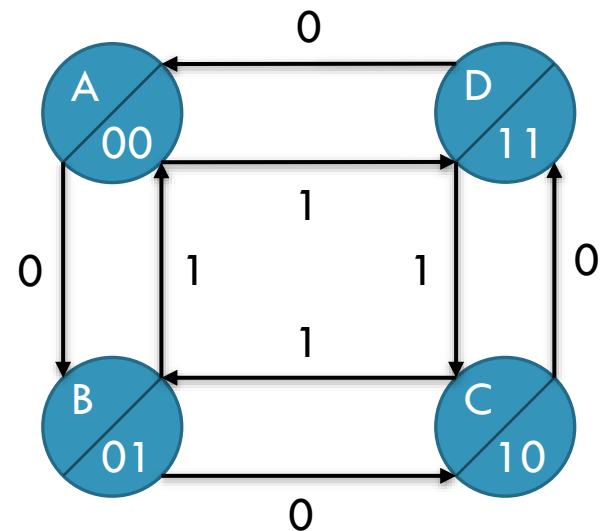
SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: CONTADOR UP/DOWN

Tabela de Transição de Estados

Entrada	Estado Atual		Próx. Estado	
	Q_1	Q_0	Y_1	Y_0
0	A		B	
0	B		C	
0	C		D	
0	D		A	
1	A		D	
1	B		A	
1	C		B	
1	D		C	

Diagrama de Estados



SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: CONTADOR UP/DOWN

Tabela de Transição de Estados

Entrada	Estado Atual		Próx. Estado	
X_0	Q_1	Q_0	Y_1	Y_0
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	1
1	1	1	1	0

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: CONTADOR UP/DOWN

Tabela de Transição de Estados

Entrada	Estado Atual		Próx. Estado		FF		Saídas	
	Q_1	Q_0	Y_1	Y_0	D_1	D_0	Z_1	Z_0
0	0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	0	0	1
0	1	0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	0	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	1	0	1	1

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: CONTADOR UP/DOWN

Tabela de Saídas

Estado Atual		Saídas	
Q_1	Q_0	Z_1	Z_0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	1
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	1

Saídas ficam idênticas ao estado atual. Ou seja:

$$Z_1 = Q_1$$

$$Z_0 = Q_0$$

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: CONTADOR UP/DOWN

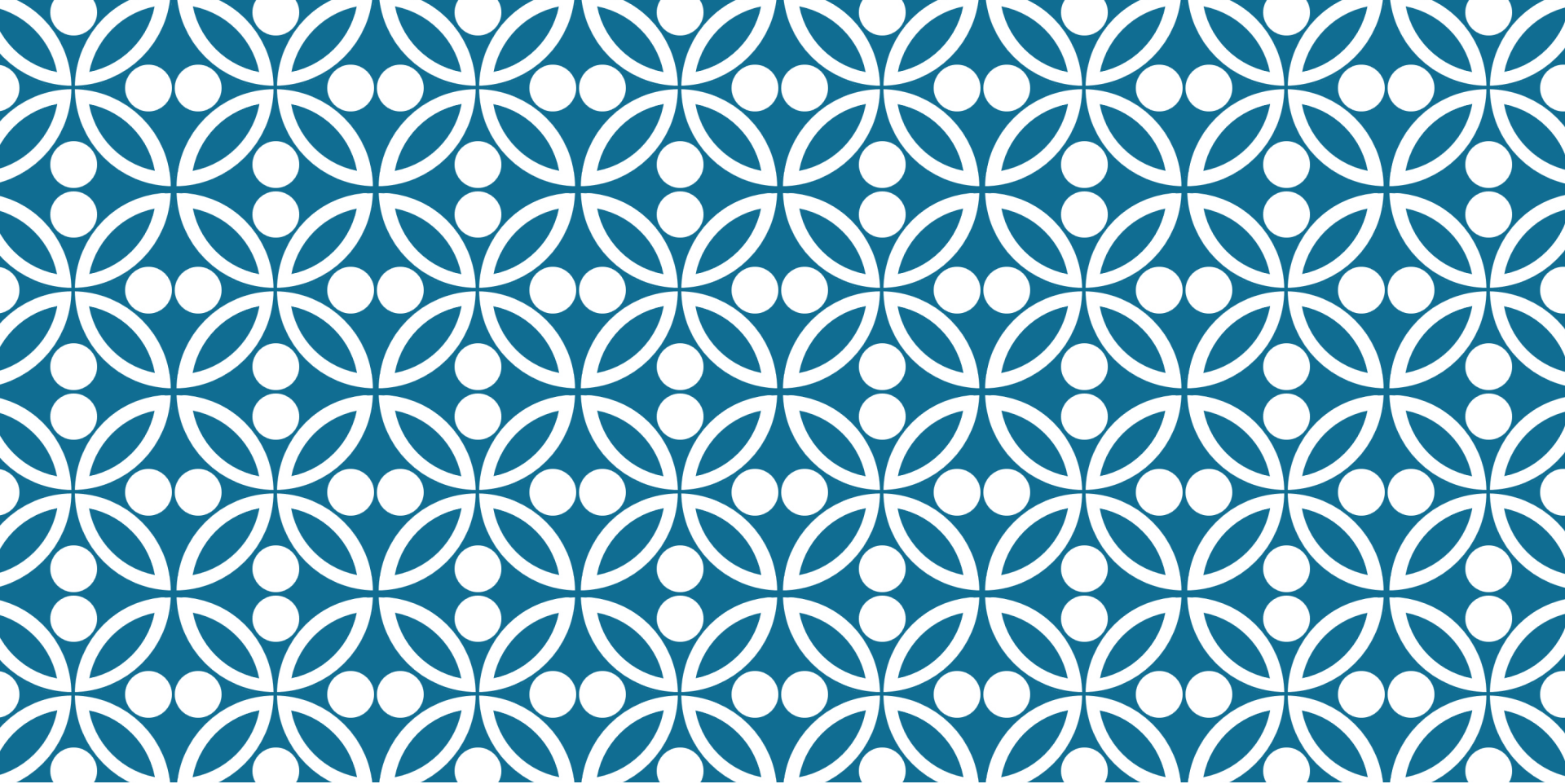
Tabela de Próximos Estados

Entrada	Estado Atual		FF	
	Q_1	Q_0	D_1	D_0
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	1
1	1	1	1	0

D_0				
$X \backslash Q_1 Q_0$	00	01	11	10
0	1			1
1	1			1
D_1				
$X \backslash Q_1 Q_0$	00	01	11	10
0		1		1
1	1		1	

$$D_0 = Q_0'$$

$$D_1 = XQ_1'Q_0' + X'Q_1'Q_0 + XQ_1Q_0 + X'Q_1Q_0'$$



SÍNTESE DE CIRCUITOS GRAY CODING

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

PROJETO: GRAY CODING

Descrição:

- Gerador de código gray de 3 bits.
- Entradas: 0
- Saídas: 3
- **FF: Tipo T (toggle)**
- FSM: Moore

Características				Excitação		
T	Q	Q_{i+1}	Comentário	Q	Q_{i+1}	T
0	0	0	Mantém	0	0	0
0	1	1	Mantém	1	1	0
1	0	1	Inverte	0	1	1
1	1	0	Inverte	1	0	1

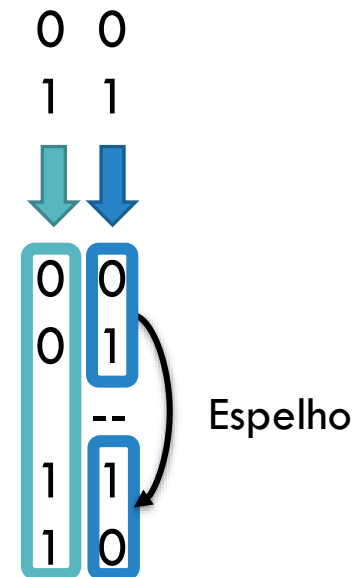
SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

PROJETO: GRAY CODING

Para criar uma codificação gray, começamos com 1 dígito (0 ou 1)

Para cada novo dígito a ser adicionado uma função de espelho é aplicada

E em cada parte do espelho adiciona-se 0s ou 1s



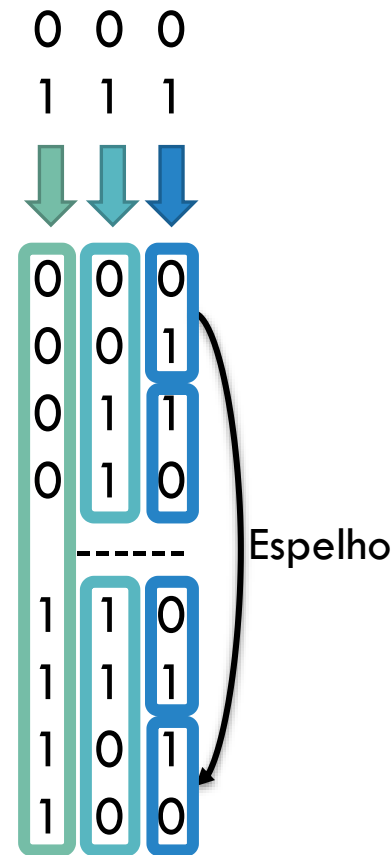
SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

PROJETO: GRAY CODING

Para criar uma codificação gray, começamos com 1 dígito (0 ou 1)

Para cada novo dígito a ser adicionado uma função de espelho é aplicada

E em cada parte do espelho adiciona-se 0s ou 1s

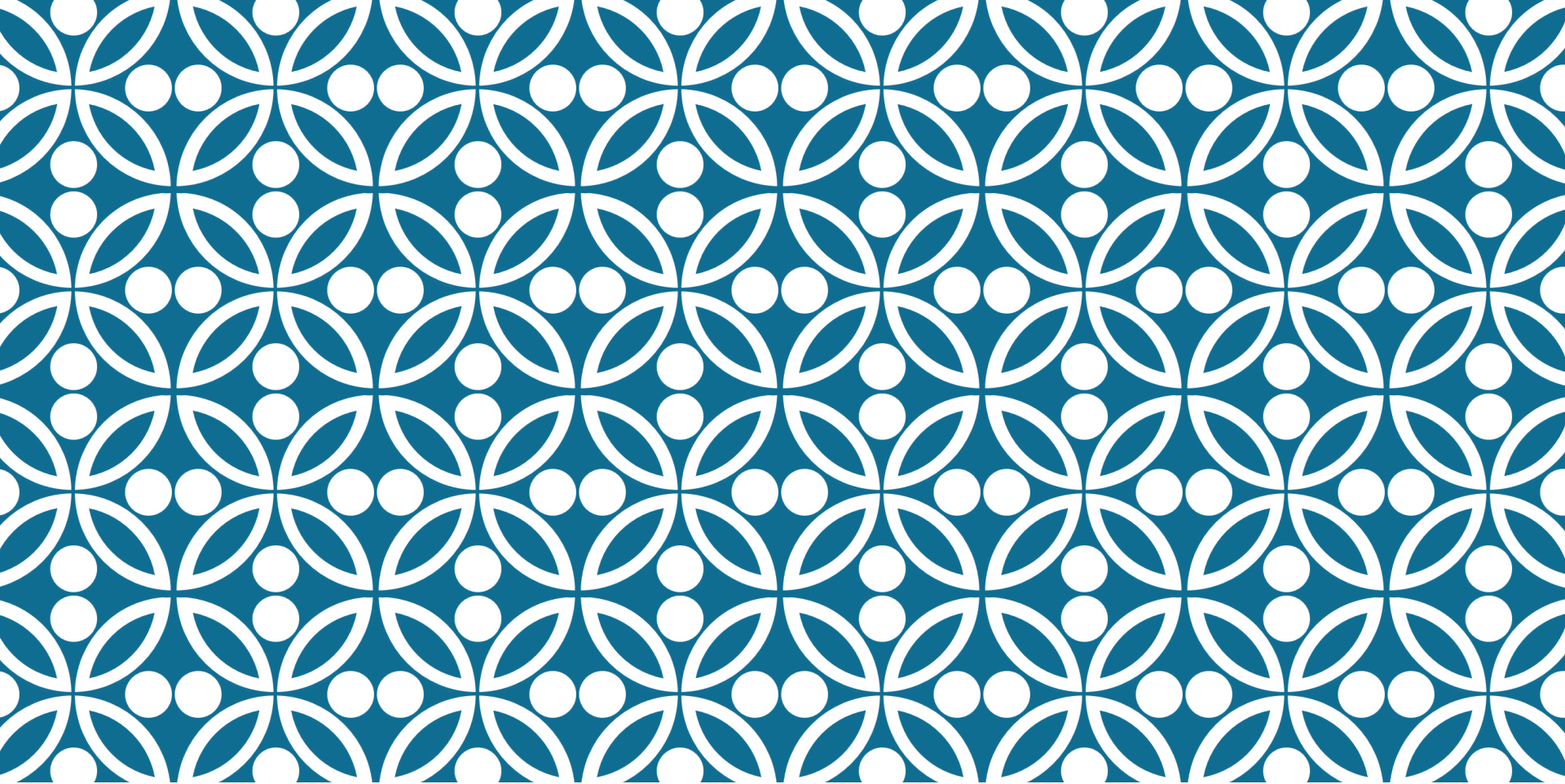


SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: GRAY CODING

Tabela de Próximos Estados

Estado Atual			Próx. Estado			FF-T		
Q_2	Q_1	Q_0	Y_2	Y_1	Y_0	T_2	T_1	T_0
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0



SÍNTESIS DE CIRCUITOS

ALARME 111

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

PROJETO: ALARME 111

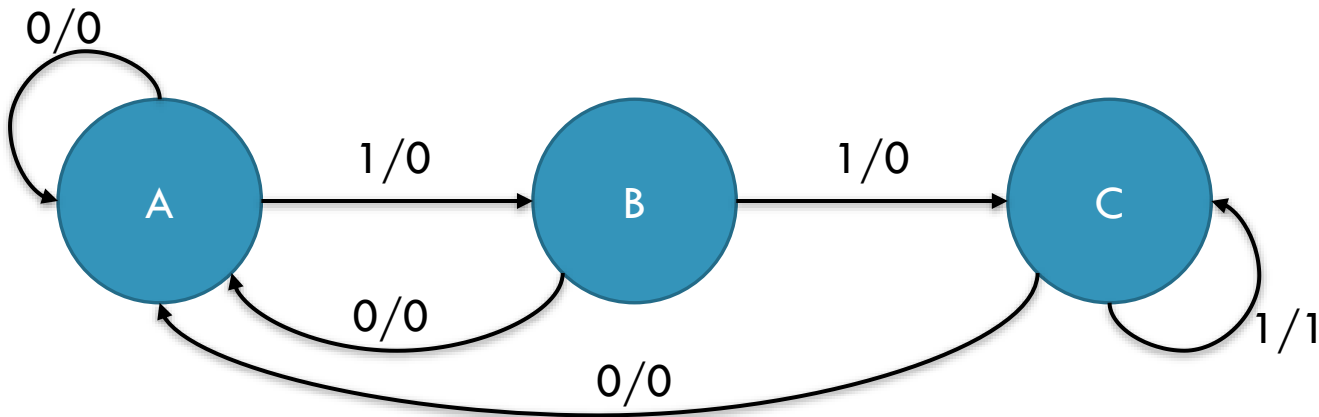
Descrição:

- Um alarme soa quando houver 3 ou mais peças consecutivas na esteira;
- A esteira não é desligada;
- O alarme é desligado quando não houver um conjunto de 3 peças consecutivas.
- Entrada: 1 {Não há peça = 0, Há nova peça = 1}
- Saída: 1 {Não soa alarme = 0, Soa alarme = 1}
- FF: Tipo D
- **FSM: Mealy**

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: ALARME 111

X	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	
Z	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0

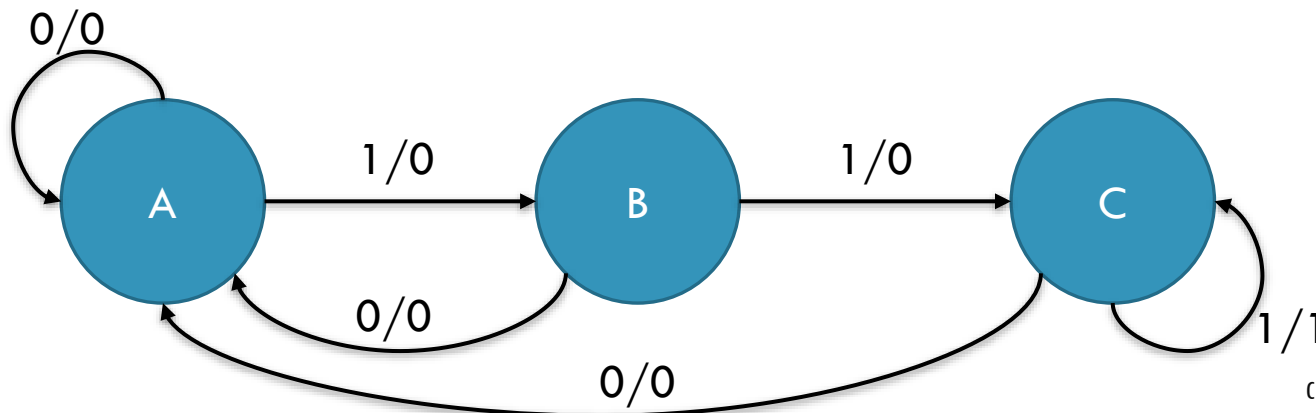


SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: ALARME 111

Tabela de Transição de Estados

Entrada	Estado Atual		Próx. Estado		Saída
X	Q_1	Q_0	Y_1	Y_0	Z
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1



SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: ALARME 111

Tabela de Saída

Entrada	Estado Atual		Saída
X	Q_1	Q_0	Z
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	1	1

A saída nesse caso é uma simples função AND da entrada com estado atual.

$$Z = XQ_1Q_0$$

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: ALARME 111

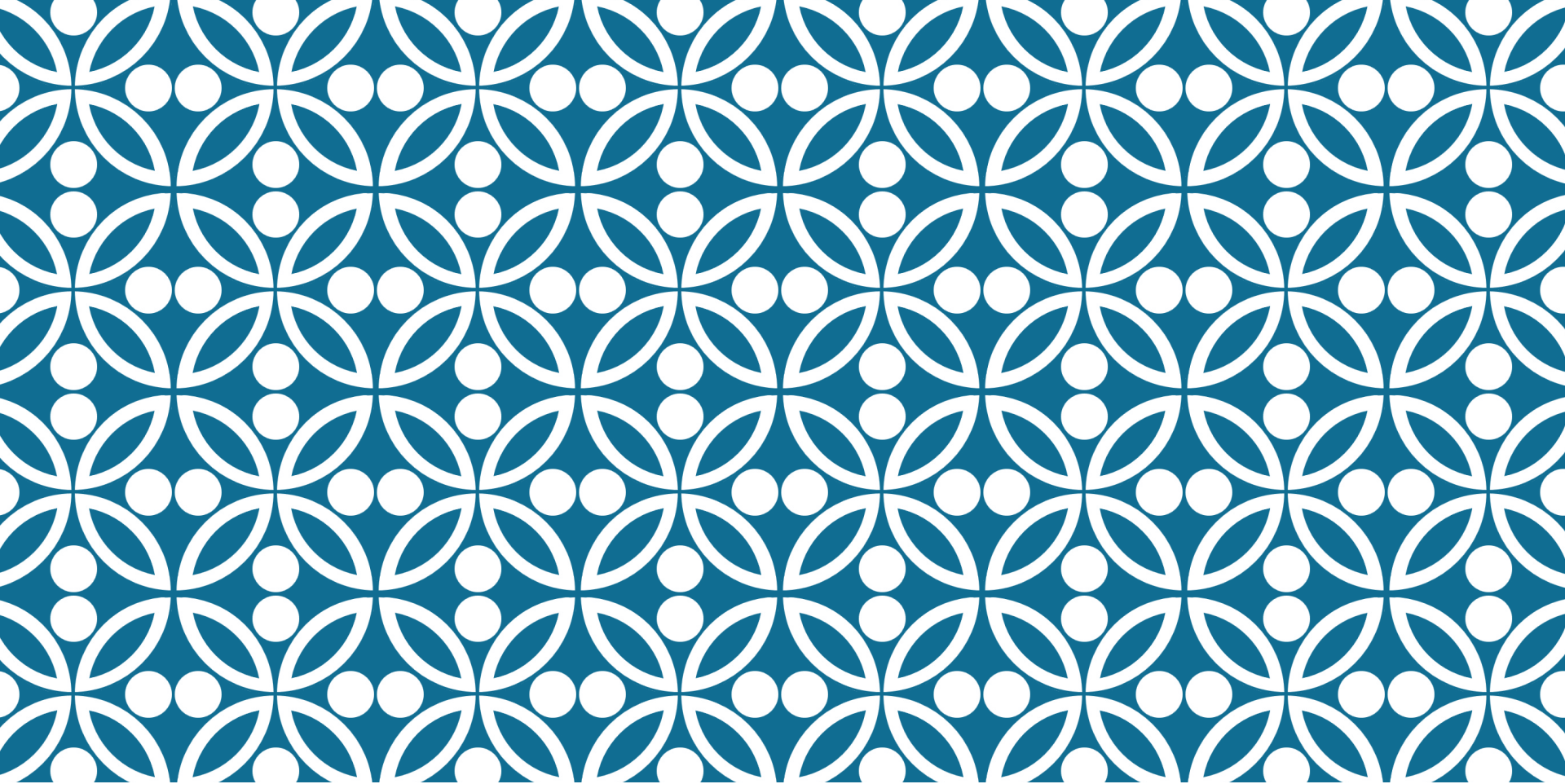
Tabela de Próximos Estados

Entrada	Estado Atual		Próx. Estado	
X	Q_1	Q_0	Y_1	Y_0
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	1
1	1	1	1	1

D_0				
$X \backslash Q_1 Q_0$	00	01	11	10
0				X
1	1	1	1	X
D_1				
$X \backslash Q_1 Q_0$	00	01	11	10
0				X
1		1	1	X

$$D_0 = X$$

$$D_1 = XQ_0$$



SÍNTESE DE CIRCUITOS CONTADOR SIMPLES/DUPLO

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

PROJETO: CONTADOR SIMPLES/DUPLO

Descrição:

- Um contador módulo 3;
- Caso a entrada estiver ligada o contador incrementa duas posições.
- Entrada: 1 {Incremento de um = 0, Incremento de dois = 1}
- Saída: 3 {valor do contador}
- **FF: Tipo JK**
- **FSM: Mealy**

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: CONTADOR SIMPLES/DUPLO

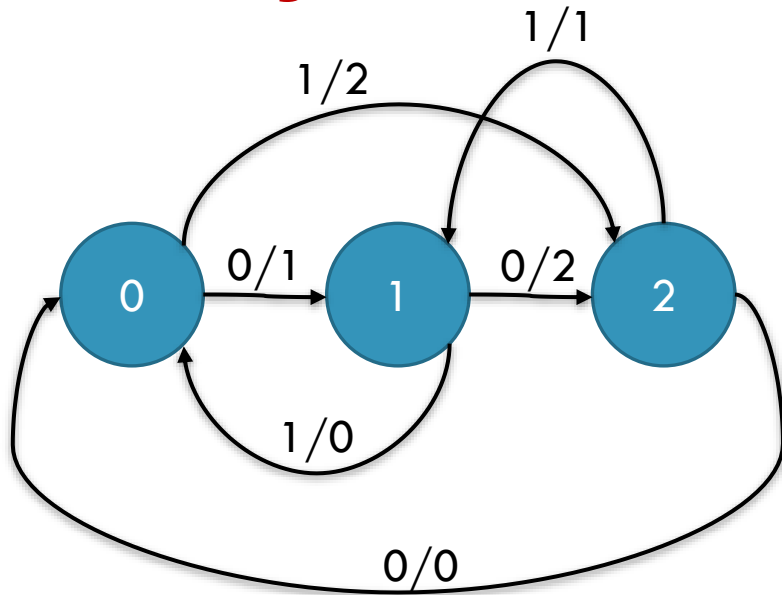
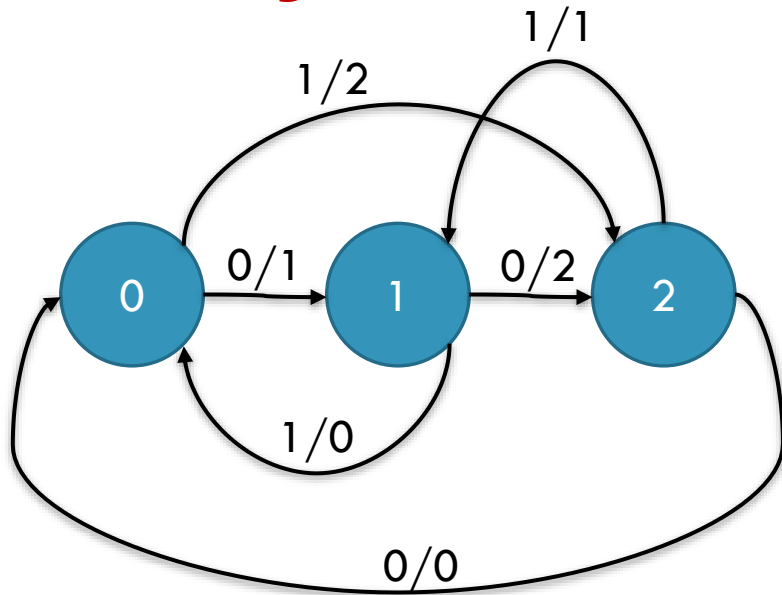


Tabela de Saídas

Entrada <i>X</i>	Estado Anterior		Saídas	
	Q_1	Q_0	Z_1	Z_0
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	1	X	X
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	1
1	1	1	X	X

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

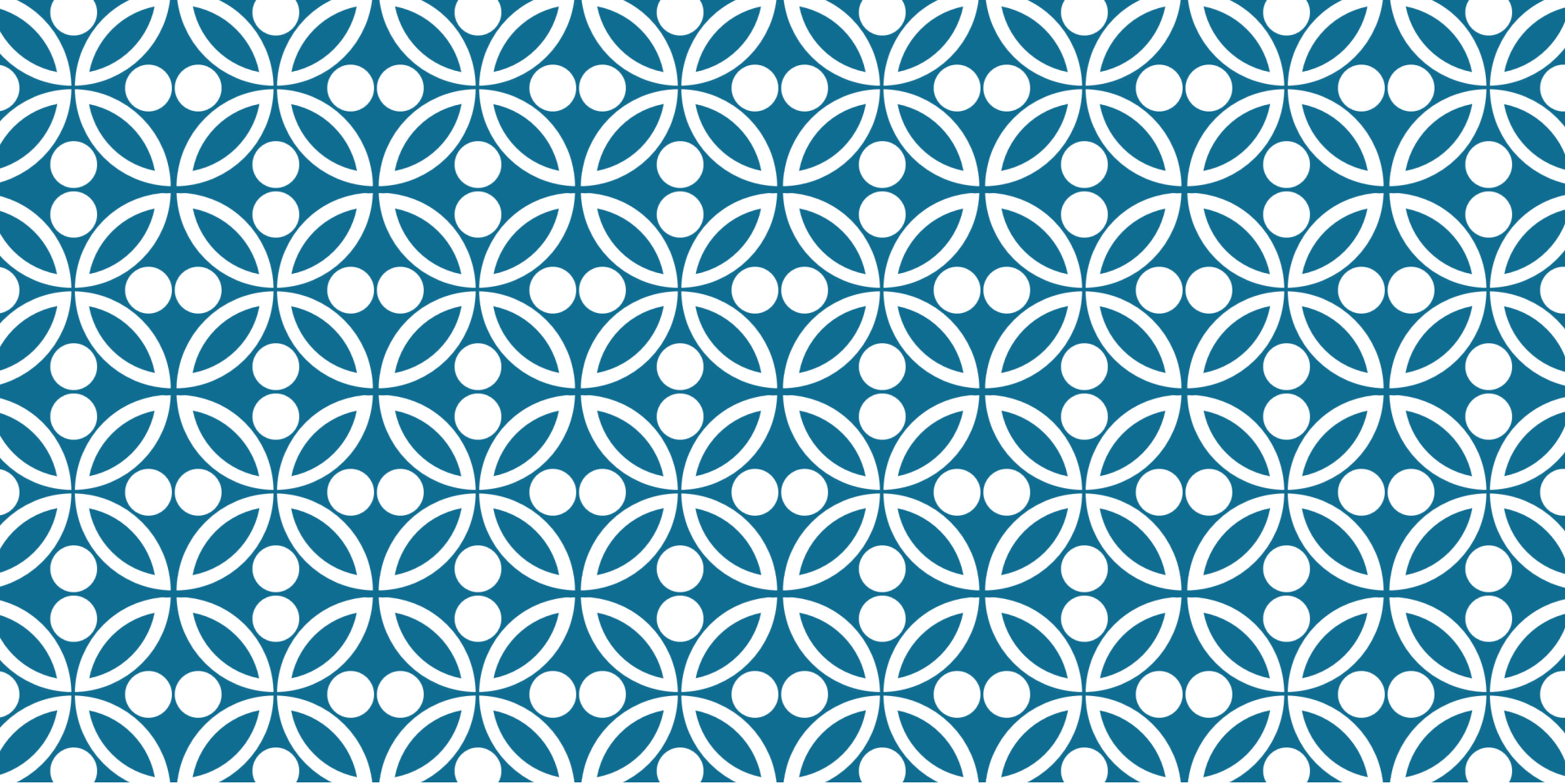
SOLUÇÃO: CONTADOR SIMPLES/DUPLO



Transição		Entradas	
Q_n	Q_{n+1}	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

Tabela de Próximos Estados

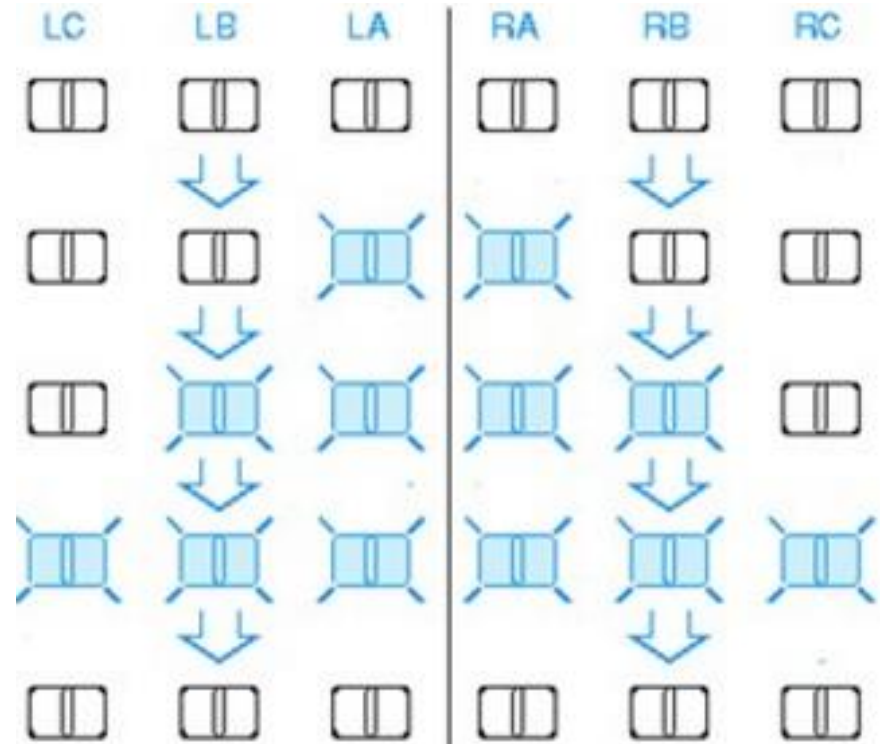
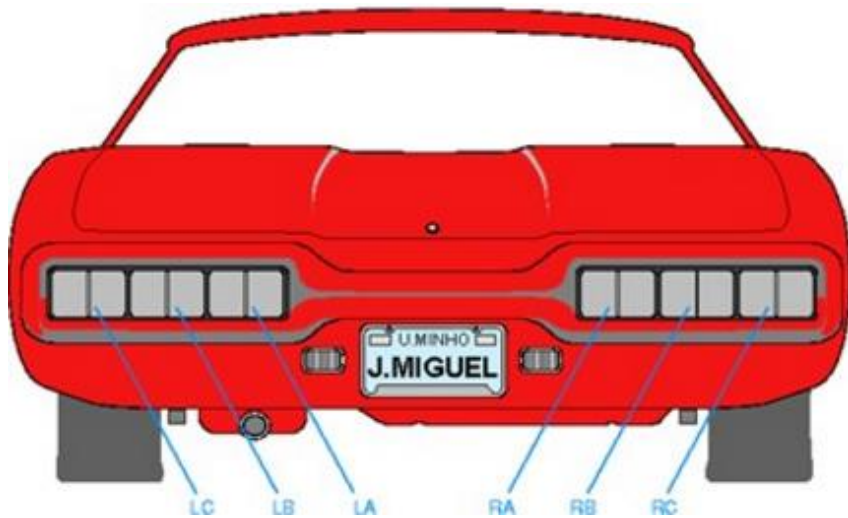
Entrada	Estado Anterior		Próx. Estado		FF-JK		FF-JK	
	Q_1	Q_0	Y_1	Y_0	J_1	K_1	J_0	K_0
X								
0	0	0	0	1	0	X	1	X
0	0	1	1	0	1	X	X	1
0	1	0	0	0	X	1	0	X
0	1	1	X	X	X	X	X	X
1	0	0	1	0	1	X	0	X
1	0	1	0	0	0	X	X	1
1	1	0	0	1	X	1	1	X
1	1	1	X	X	X	X	X	X



SÍNTESE DE CIRCUITOS SETAS DO CARRO

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

PROJETO: SETAS DO CARRO



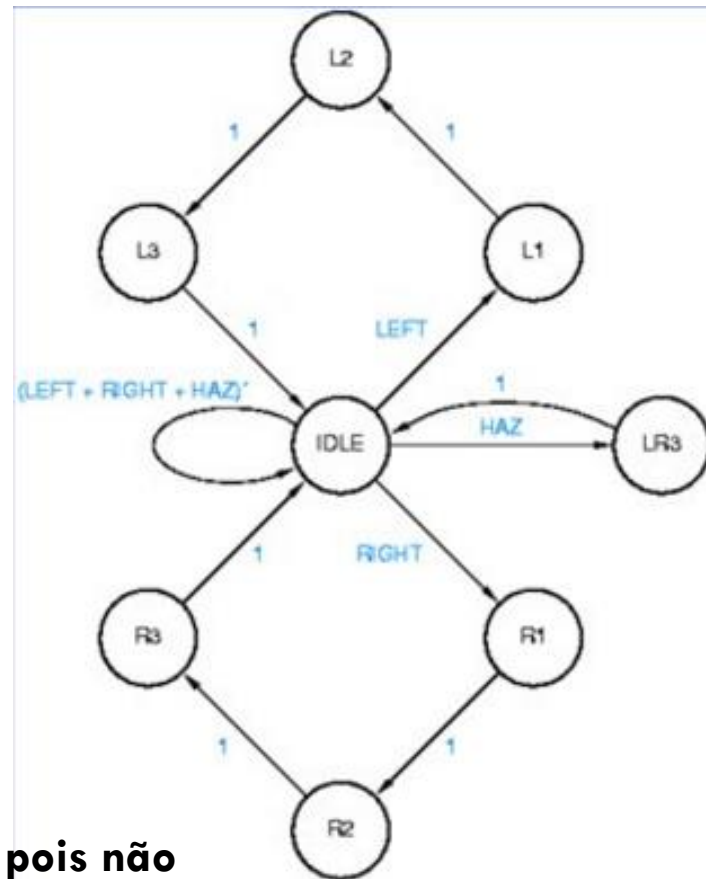
FSM com duas entradas: LEFT, RIGHT.
 Existe também a entrada de emergência HAZ.
 Quando HAZ é acionado, todas as luzes piscam

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

1/2 SOLUÇÃO: SETAS DO CARRO

Output Table

State	LC	LB	LA	RA	RB	RC
IDLE	0	0	0	0	0	0
L1	0	0	1	0	0	0
L2	0	1	1	0	0	0
L3	1	1	1	0	0	0
R1	0	0	0	1	0	0
R2	0	0	0	1	1	0
R3	0	0	0	1	1	1
LR3	1	1	1	1	1	1

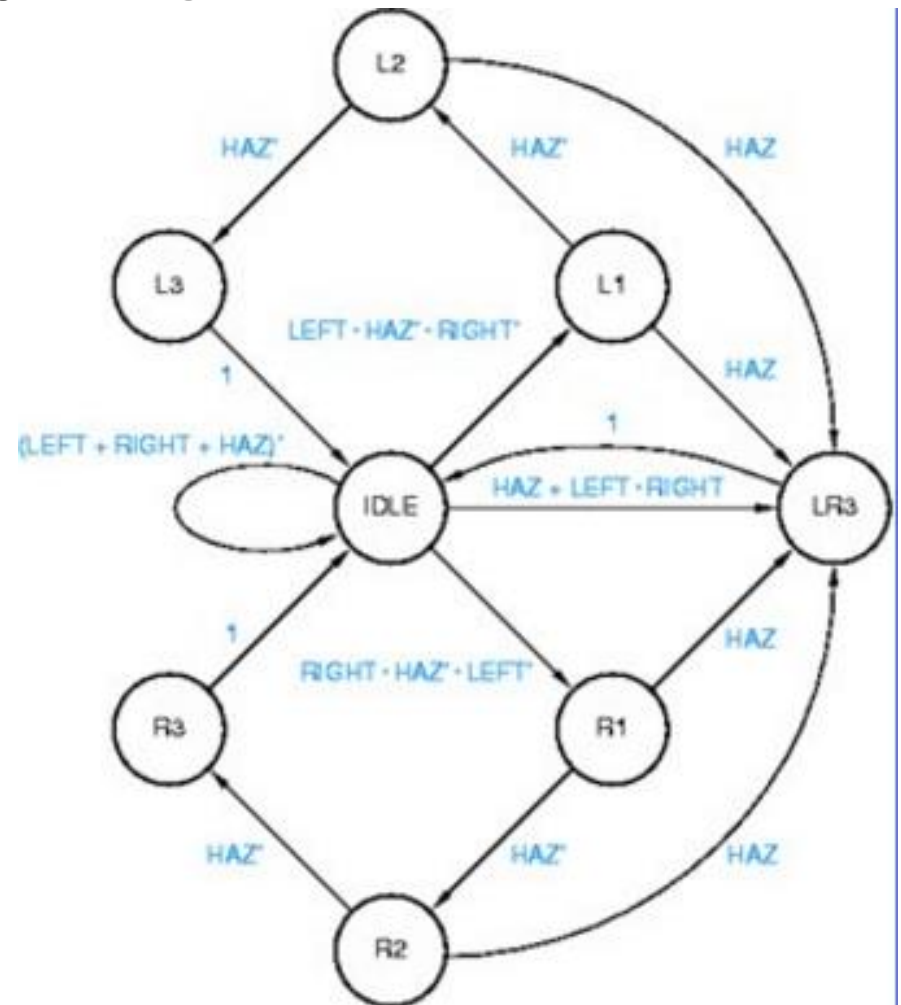


Note que a máquina de estados está ambígua, pois não sabemos o próximo estado quando dois sinais estão ativos

SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: SETAS DO CARRO

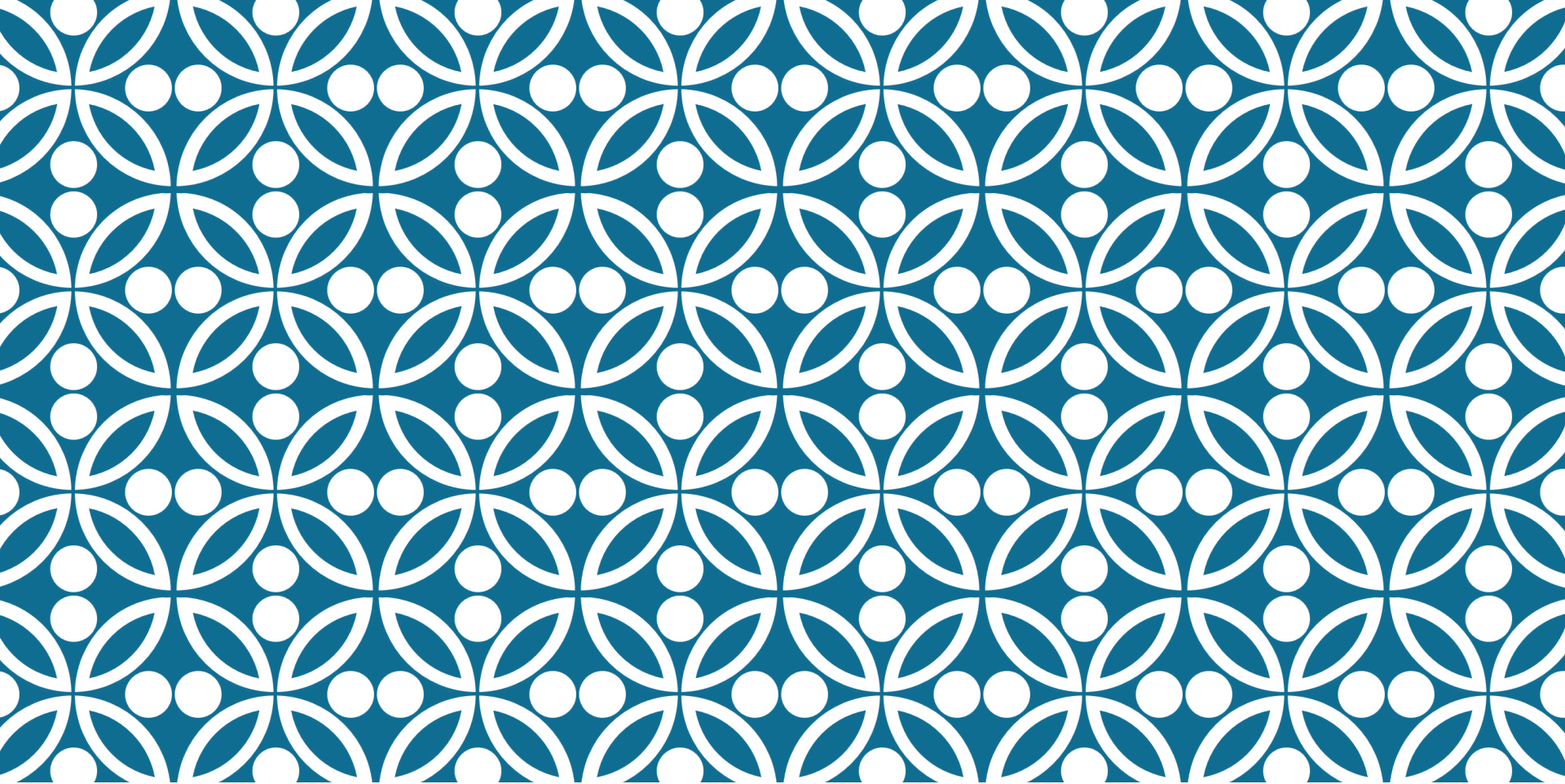
Agora, quando o usuário entrar o sinal de emergência, daremos prioridade para esse sinal.



SÍNTESE DE CIRCUITOS SEQUÊNCIAIS

SOLUÇÃO: SETAS DO CARRO

S	Q2	Q1	Q0	Transition Expression	S*	Q2*	Q1*	Q0*
IDLE	0	0	0	$(LEFT + RIGHT + HAZ)'$	IDLE	0	0	0
IDLE	0	0	0	$LEFT \cdot HAZ' \cdot RIGHT'$	L1	0	0	1
IDLE	0	0	0	$HAZ + LEFT \cdot RIGHT$	LR3	1	0	0
IDLE	0	0	0	$RIGHT \cdot HAZ' \cdot LEFT'$	R1	1	0	1
L1	0	0	1	HAZ'	L2	0	1	1
L1	0	0	1	HAZ	LR3	1	0	0
L2	0	1	1	HAZ'	L3	0	1	0
L2	0	1	1	HAZ	LR3	1	0	0
L3	0	1	0	1	IDLE	0	0	0
R1	1	0	1	HAZ'	R2	1	1	1
R1	1	0	1	HAZ	LR3	1	0	0
R2	1	1	1	HAZ'	R3	1	1	0
R2	1	1	1	HAZ	LR3	1	0	0
R3	1	1	0	1	IDLE	0	0	0
LR3	1	0	0	1	IDLE	0	0	0



ANÁLISE DE CIRCUITOS

ANÁLISE DE CIRCUITOS

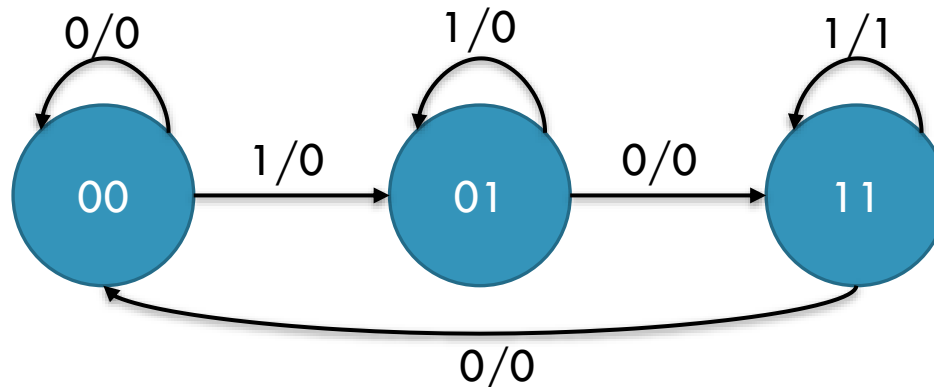
PROJETO: ANÁLISE DA FSM

Analise a seguinte máquina de estados e responda:

FSM Moore ou Mealy?

Qual a tabela de transições?

Projete o circuito utilizando FF do tipo T



ANÁLISE DE CIRCUITOS

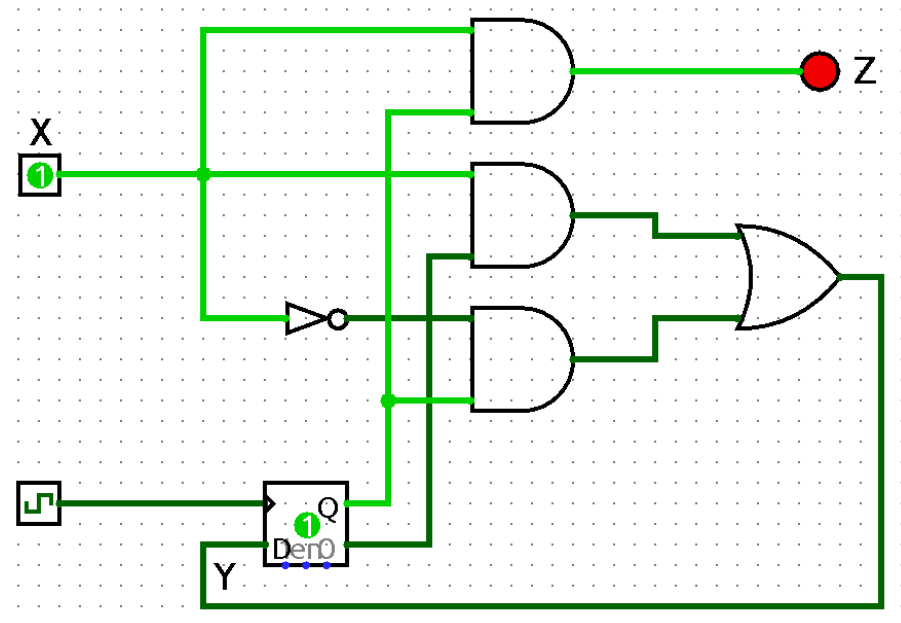
SOLUÇÃO: ANÁLISE DA FSM

Tabela de Transição de Estados

Entrada	Estado Atual		Próx. Estado		FF 1	FF 2	Saída
X_0	Q_1	Q_0	Y_1	Y_2	T_1	T_0	Z_0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	1	0	1	1

ANÁLISE DE CIRCUITOS

PROJETO: ANÁLISE DO CIRCUITO



Analise o circuito e responda:

FSM Moore ou Mealy?

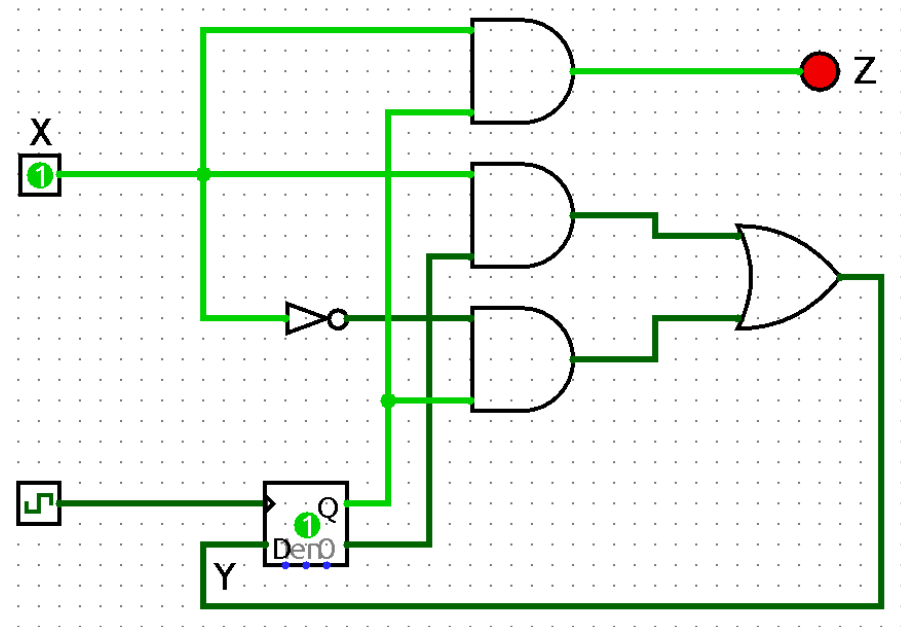
Qual o diagrama de estados?

Qual a tabela de transições?

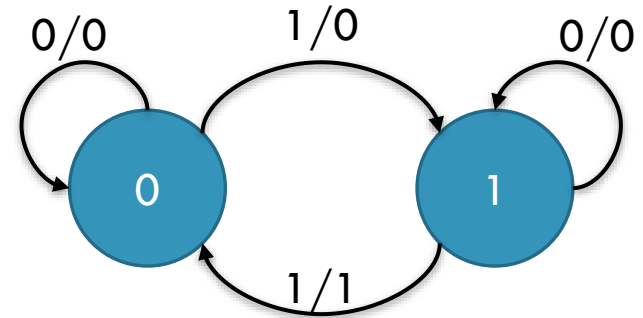
Substituir o FF tipo D pelo tipo JK

ANÁLISE DE CIRCUITOS

SOLUÇÃO: ANÁLISE DO CIRCUITO



FSM de Mealy!



ANÁLISE DE CIRCUITOS

SOLUÇÃO: ANÁLISE DO CIRCUITO

Entrada	Estado Atual	Próx. Estado	FF-J	FF-K	Saída
0	0	0	0	X	0
0	1	1	X	0	0
1	0	1	1	X	0
1	1	0	X	1	1

